

# ANSYS 边坡稳定性分析

翟志雄

(南昌大学 建筑工程学院,江西 南昌 330031)

**摘要:**以国内某矿边坡工程为例,该边坡考虑弹性和塑性两种材料,采用 ANSYS 有限元法对该边坡进行稳定性计算分析,以判断其稳定性和计算出安全系数。

**关键词:**边坡 稳定性 安全系数 变形

## 1 概述

边坡指地表部一切具有侧向临空面的地质体,是坡面、坡顶及其下部一定深度坡体的总称。建筑边坡是指在建(构)筑物场地或其周边,由于建(构)筑物和市政工程开挖或填筑施工所形成的人工边坡和对建(构)筑物安全或稳定有影响的自然边坡。在中简称边坡。倾斜的地面称为斜坡,在铁路、公路建筑施工中所形成的路堤斜坡称为路堤边坡,开挖路堑所形成的斜坡称为路堑边坡;水利、市政或露天煤矿等工程开挖施工所形成的斜坡也称为边坡,这些对应工程就称为边坡工程。边坡工程对国民经济建设有重要的影响,在铁路、公路与水利建设中,边坡修建是不可避免的,边坡的稳定性严重影响到铁路、公路与水利工程的施工安全、运营安全及建设成本。在路堤施工中,在路堤高度一定条件下,坡角越大,路基所占面积就越小,反之越大。在山区,坡角越大,则路堤所需填方量越少。因此,很有必要对边坡的稳定性进行分析。一般而言,边坡稳定性的分析方法基本上有两种:极限平衡方法和数值分析方法。数值分析方法考虑了土体应力应变关系,克服了极限平衡方法完全不考虑土体本身的应力-应变关系的缺点,为边坡稳定分析提供了较为正确和深入的概念。所以是通过 ANSYS 有限元法中的有限元强度折减法来确定安全系数,以来分析边坡的稳定性。首先选取初始折减系数,将岩土体强度参数进行折减,将折减后的参数作为输入,进行有限元计算,若程序收敛,则岩土体仍处于稳定状态,然后再增加折减系数,直到程序恰好不收敛,此时的折减系数即为稳定或安全系数。

## 2 计算模型的建立与计算参数的选取

### 2.1 计算模型的建立

#### 2.1.1 几何模型

计算的几何模型建立是在地质模型的基础上建立的,而地质模型则是在地质剖面的基础上建立起来的。因此,根据实际需要,并结合边坡所在位置处的围岩类型,建立了边坡的几何模型,如图 1 所示。对于像边坡这样纵向很长的实体,计算模型可以简化为平面应变问题。假定边坡所承受的外力不随 Z 轴变化,位移和应变都发生在自身平面内。对于边坡变形和稳定性分析,这种平面假设是合理的。实测经验表明,边坡的影响范围在 2 倍坡高范围,因此计算区域为边坡体横向延伸 2 倍坡高,纵向延伸 3 倍坡高。模型上部为理想弹性材料,下部为弹性材料,即采用双层模型,这样可以更好地模拟了边坡的变形和塑性区的发展,应力的分布也更符合实际情况。

#### 2.1.2 边界条件

所建立的是国内某矿边坡工程某位置断面计算模型。以坡底为中心轴线。坡高 400 米,坡底面至地表下 1200 米,向西 800 米东 1200 米,在该模型左边即 X=-800、右边即 X=1200 米处水平位移为零;下边界即 Y=-1200 处水平和竖直位移均

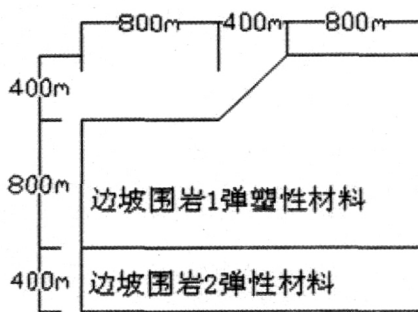


图 1 边坡模型

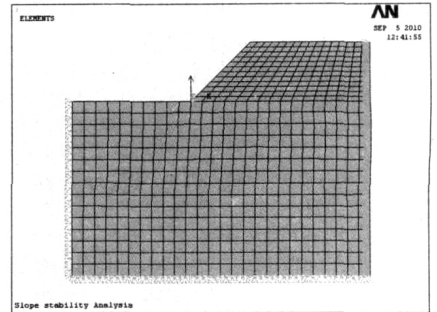


图 2 施加约束和重力荷载后的边坡模型

表 1 边坡模型围岩参数

类别	弹性模量 (Gpa)	泊松比	容重 (KN/m <sup>3</sup> )	内聚力 (Mpa)	摩擦角
围岩 1 (弹塑性)	30	0.25	2500	0.9	42.8
围岩 2 (弹性)	32	0.24	2700	-----	-----



图 3 F=1.0 时边坡变形图

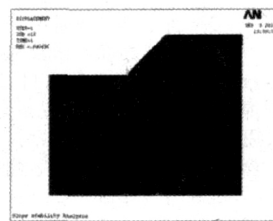


图 4 F=2.2 时边坡变形图

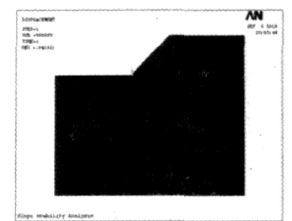


图 5 F=3.0 时边坡变形图

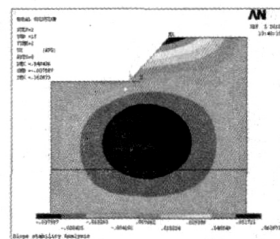


图 6 F=1.0 时边坡 X 方向位移云图

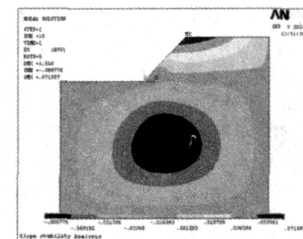


图 7 F=2.2 时边坡 X 方向位移云图

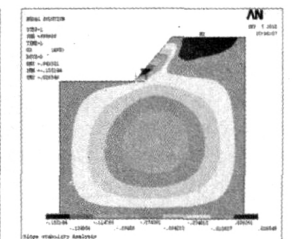


图 8 F=3.0 时边坡 X 方向位移云图



图 9 F=1.0 时边坡塑性应变云图

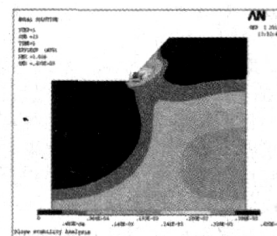


图 10 F=2.2 时边坡塑性应变云图

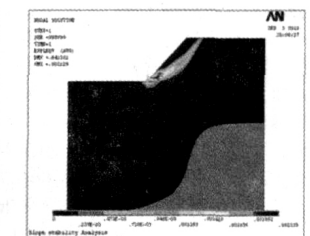


图 11 F=3.0 时边坡塑性应变云图

为零,中心即在点(0,0)处施加重力荷载。如图 2 所示。

### 2.2 计算参数的选取

组成该边坡的围岩材料上部为理想弹塑性材料,下部为弹性材料,材料属性见表 1,计算过程中采用表 1 的物理力学参数。

(下转 185 页)

笔者在 2009 年申请内蒙古自治区教育科学规划课题《信息技术与中小学学科教学整合的研究》的子课题,课题名称为《Moodle 在高中历史教学中的应用》,作为课题负责人,克服了重重困难,最终使得课题顺利开展。

因为是在内蒙,整体信息技术水平相对落后,要进行信息技术与课程整合的难度较大。首先是思想上难以更新观念,所在地鄂尔多斯,经济较为发达,硬件设备也较为先进,但是在人们的思想观念里,信息技术就是简单的为课堂教学的辅助工具,尤其是最开始在找参与课题的老师时,多次碰壁,有经验的老师不愿参与或者不想冒险,以免影响班级成绩,在笔者向学科教师演示了 Moodle 的丰富功能后,最终找到的一位是很有冒险精神并敢于创新的年轻的历史老师,实验才得以开始。由此可见,信息技术与课程整合的最大阻力并不全是来自外部,而是有可能来自学科教师本身。

众所周知,信息技术教师在中小学工作比较繁琐,在课题批下几个月后课题研究都没有什么实质性的进展,不过由于研究自治区电教馆文件的安排,课题研究必须要按照计划进度进行,在实验平台的搭建、课程资源库充实后,尤其是对实验教师的信息技术能力培训后,实验教师能够自己使用 Moodle 网络课程后,课题研究才有了实质性的进展。

如何让学生对本网络课程产生兴趣,让实验顺利的进行,这是最关键的问题。本着对学生在使用本网络课程方便、舒适的原则下,完善了 Moodle 的部分功能,如批量添加用户时,用户名是学生的学号,选课密钥是 353 (参加课题研究的班级是 353 班);在课程主页面添加了站外搜索,如百度

搜索、谷歌搜索等。

在自定义在线调查问卷的调查结果中,证实了上面的观点。参与调查的学生有 52 个,喜欢本网络课程的占 88.46%,其中很喜欢的占 57.69%,感觉一般的占 7.69%,不喜欢的占 3.85%。由此可见学生们对于信息技术与课程整合的态度还是持肯定态度的。又进一步分析那些不喜欢网络课程的学生,发现他们大多数是成绩很好的学生,在和他们的访谈后,了解到,他们之所以不喜欢,是他们已经习惯传统的教学方式,通过传统教学方式,他们也可以取得好的成绩。所以,从这方面来看,信息技术与课程整合的成功与否,也要考虑学生的感受,不能一味的使用信息技术手段,而忽略的传统的教育形式。

### 5 结论

信息技术和课程的有效整合,可以提高教学质量和效益。在教学模式、教学方法,甚至在教育观念、教学思想方面都是一种改革,促进教育的发展。

信息技术与课程整合的课题研究对信息技术与课程整合来说虽然不是万能,但却可以在很大程度上促进信息技术与课程的有效整合,它像是一道指令,指挥着教师用心的去提高自身的信息技术能力,没有懈怠,教师们积极运用信息技术于课堂之上,拓展学生的视野,培养学生创造性思维,使得学生在获取信息、分析信息、处理信息的能力方面有很大的提高,从而增强对当今信息技术高速发展的现代社会的适应能力。

### 参考文献

[1] 王欣. 新课改中信息技术与学科课程整合的现状与问题[J]. 北京教育学院学报, 2008-12(4).

[2] 何克抗. 对美国信息技术与课程整合理论的分析思考和新整合理论的构建 [J]. 中国电化教育, 2008,(7).

[3] 刘晓莹. 信息技术与课程整合的研究现状与趋势分析[J]. 电化教育研究, 2007,(4).

[4] 舒晖, 白红革, 徐多勇. 基于校园网的教学资源库建设与应用研究 [J]. 中国医学教育技术, 2006, 20 (5).

### (上接 28 页) 3 有限元模拟结果及分析

本文是通过用不同的折减系数  $F$  来模拟边坡开挖后所形成的模型变形图、边坡水平方向位移云图以及塑性应变云图来判断边坡是否稳定。首先选取初始折减系数  $F=1.0$ , 然后分别取  $F=1.2$ 、 $F=1.4$ 、 $F=1.6$ 、 $F=1.8$ 、 $F=2.0$ 、 $F=2.2$ 、 $F=2.4$ 、 $F=2.6$ 、 $F=2.8$  对边坡土体材料系数进行折减, 折减后凝聚力及摩擦角分别见式 1 和 2。

$$C' = C/F \quad (1)$$

$$\tan \phi' = \tan \phi / F \quad (2)$$

$C$  和  $\phi$  为边坡土体的初始凝聚力和摩擦角。

伴随着强度折减系数的增加, 凝聚力和摩擦角减小, 边坡的塑性应变增大, 塑性区也随之扩大, 当塑性区发展成为一个贯通区域, 边坡就不稳定, 此时求解也不收敛。与此同时, 边坡水平位移也变大。因此, 主要通过观察后处理中的边坡塑性应变、塑性区、位移和收敛来判断边坡稳定与否, 直到程序恰好不收敛, 此时的折减系数即为稳定或安全系数。不同的部分折减系数  $F$  所对应的变形图、位移云图、塑性应变图如图 3~11 所示。

#### 3.1 从边坡模型变形图分析

从边坡变形图来看, 开始变形不大, 随着强度折减系数的增加, 边坡变形加大, 当  $F=3.0$  时, 解不收敛, 从图 5 的变形图可以看出, 此时边坡破坏面近似圆弧形, 说明此时边坡已经不安全。

#### 3.2 从边坡水平方向位移云图分析

边坡水平方向位移随强度折减系数  $F$  的增

加而发生很大的改变, 刚开始随着  $F$  的增加, 水平位移由 62.873mm 增加到 71.587mm, 当  $F=2.2$  以后, 边坡模型的水平位移开始减少, 当  $F=3.0$  时, 边坡的水平方向位移下降到 26.549mm, 表明此时边坡已经破坏。

#### 3.3 从塑性应变云图分析

从边坡模型的塑性区云图看, 刚开始边坡模型没有塑性应变, 也没有塑性区, 但随着强度折减系数  $F$  的增加, 塑性应变逐渐增大, 塑性区也逐渐增大。当  $F=3.0$  时, 塑性应变的值为 21.29E-4, 塑性区贯通到坡顶, 并且此时解不收敛, 表明此时边坡已经破坏。因此, 该边坡的模型安全系数应该是 2.8。

### 4 结论

4.1 是把有限元计算收敛与否作为判断边坡是否稳定的准则, 边坡处于稳定状态, 计算收敛, 边坡破坏时, 计算不收敛。

4.2 边坡失稳的同时还表现出位移的急剧增加, 但破坏时位移反而减少。

4.3 边坡失稳总是伴随着塑性变形的增加和塑性区的发展, 塑性区的发展状况反映了边坡是否处于稳定状态。当塑性区发展到坡顶, 边坡已经破坏。

### 参考文献

[1] 宗金辉. 边坡开挖有限元模拟及现场实测研究. [D]. 天津: 天津大学建筑工程学院, 2006, 7.  
[2] 胡夏嵩, 白国伟. 低地应力区地下洞室开挖后围

岩应力数值模拟[J]. 长安大学学报, 2005, 11.

[3] GB 50330-2002. 中华人民共和国行业标准. 建筑边坡工程技术规范[S].

[4] 赖永标, 胡仁喜, 黄书珍. 土木工程有限元分析典型范例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

[5] J.P.Ou, X.Long, Q.S.Lic. Seismic response analysis of structures with velocity-dependent dampers. Journal of Constructional Steel Research 63 (2007) 628-638.

[6] 熊智标. 建筑基坑支护[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

作者简介: 翟志雄 (1981~), 南昌大学硕士研究生。